Osaka University Knowledge Archive

Title	次世代高密度半導体パッケージのための樹脂材料及び実装プロセスに関する研究
Author(s)	満倉, 一行
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/69580
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

Osaka University

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（満倉　一行）	
論文題名	次世代高密度半導体パッケージのための樹脂材料及び実装プロセスに関する研究

論文内容の要旨

複数のチップが相互に接続された次世代高密度パッケージのためには，平面方向を高密度に接続するインターポーザ樹脂基板の微細配線と，垂直方向にチップを接続する微細バンプでの多段積層とを，ともに優れた生産性と信頼性で実現する必要がある。微細配線技術においては，現状のセミアディティブプロセスでは配線幅とスペースの間隔が7/7 μmが限界であることが課題である。5/5 μm以下の解像性と絶縁信頼性に寄与する感光性絶縁材料の指標を明らかにし，優れた生産性と絶縁信頼性を有する微細配線層を実現する手法の研究に取り組んだ。また，多段積層技術においては，先塗布型アンダーフィルの生産性とバンプ接続部の噛込の改善が難しい課題がある。微細パターニング可能なアンダーフィル材(PWLUF)の開発に取り組み，ポリイミド樹脂の骨格と分子量が，加工性と物性に与える影響を明らかにするとともに，バンプ接続部の噛込の可能性を排除でき，更にリフローによる接続方式によって生産性を改善する指針を得た。また，フィルムアンダーフィルに含まれるシリカフィラの粒径や含有率が，物性に与える影響を調べ，アライメントマーク認識とバンプ接続部の噛込に影響する指標を明らかにした。

高い吸湿率を有する感光性絶縁材料が良好な解像度を示す一方，低い吸湿率かつ低いイオン濃度を有する材料が良好な絶縁信頼性を示し，5/5 μm及び2/2 μmの配線幅と，解像性及び絶縁信頼性に関する材料指標を解明した。トレンチプロセスを適用することで，2/2 μmの配線幅においても生産性を改善し，感光性絶縁材料の組合せや配線銅を保護するプロセスによって優れた絶縁信頼性を有する配線層の構造を明らかにした。更に，絶縁信頼性を定量化することで，配線層が有する絶縁信頼性の寿命予測へ適用できることを明らかにした。

フェノール性水酸基含有ポリイミドを適用したPWLUFは，配合したエポキシ樹脂との反応を抑制することで高い解像性と低い粘性に有利な設計であった。更に，ポリイミド樹脂の末端をアミノフェノールによって保護し，その導入比率によって分子量を制御した。分子量が15000以下のポリイミド樹脂を適用することによって，高い解像度と低い粘性を両立することを明らかにした。

設計したPWLUFをパターン形成することでバンプ上のアンダーフィルは完全に除去され，バンプ接続部に噛込がない積層サンプルを実現し，吸湿リフローや温度サイクルに対して優れた機械的信頼性を示した。ウェハ上にチップを150 ℃で圧着した後，リフローによってバンプを接続する生産性に優れたプロセスへ適用できる指針を得た。

フィルムアンダーフィルに含まれるフィラの粒径及び含有量が，透過率，粘性，線膨張係数に与える影響を詳細に調べた。アンダーフィルの線膨張係数は粒径が50 nm以上のフィラを40質量%以上用いることで低減した。粘性はフィラの含有量を少なくすること，また同じ含有量でも粒径が大きいフィラを適用することで低く制御した。更に透過率は粒径が50 nm以下のフィラを適用することで維持できることを明らかにした。アライメントマーク認識性とバンプの接続性に関する透過率と粘性の指標を明らかにし，透過率が20%以上，粘性が1500 Pa· s以下に設計したアンダーフィルにおいて良好な認識性と導通収率が得られることを明らかにした。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　満倉　一行　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教　授	藤本　公三
	副 査	教　授	廣瀬　明夫
	副 査	教　授	才田　一幸
	副 査	教　授	浅井　知
	副 査	教　授	望月　正人
	副 査	教　授	大畑　充
	副 査	教　授	荒井　栄司
	副 査	特任教授	加柴　良裕

論文審査の結果の要旨

複数のチップが相互に接続された次世代高密度パッケージのためには，平面方向を高密度に接続するインターポーザ樹脂基板の微細配線と，垂直方向にチップを接続する微細バンプでの多段積層をともに優れた生産性と信頼性で実現する必要がある。微細配線技術においては，現状のセミアディティブプロセスでは配線幅とスペースの間隔が7/7 μmが限界であることが課題である。本研究では、5/5 μm以下の解像性と絶縁信頼性に寄与する感光性絶縁材料の指標を明らかにし，優れた生産性と絶縁信頼性を有する微細配線層を実現する手法を提案している。また，微細パターニング可能なアンダーフィル材(PWLUF)の開発に取り組み，ポリイミド樹脂の骨格と分子量が，加工性と物性に与える影響を明らかにするとともに，バンプ接続部の噛込の可能性を排除でき，更にリフローによる接続方式によって生産性を改善する指針を得ている。さらに，フィルムアンダーフィルに含まれるシリカフィラの粒径や含有率が，物性に与える影響を明確にし，アライメントマーク認識とバンプ接続部の噛込に影響する指標を明らかにしている。

樹脂基板の微細配線における信頼性に関して、高い吸湿率を有する感光性絶縁材料が良好な解像度を示す一方，低い吸湿率かつ低いイオン濃度を有する材料が良好な絶縁信頼性を示し，5/5 μm及び2/2 μmの配線幅と，解像性及び絶縁信頼性に関する材料指標を解明している。また、樹脂基板材料の検討において、フェノール性水酸基含有ポリイミドを適用したPWLUFは，配合したエポキシ樹脂との反応を抑制することで高い解像性と低い粘性に有利な設計であることを明らかにしている。さらに，ポリイミド樹脂の末端をアミノフェノールによって保護し，その導入比率によって分子量を制御するもとにより、高い解像度と低い粘性を両立することを明らかにしている。この指針を下に設計したPWLUFをパターン形成することでバンプ上のアンダーフィルは完全に除去され，バンプ接続部に噛込がない積層サンプルを実現し，吸湿リフローや温度サイクルに対して優れた機械的信頼性が確保されることを実証している。

微細ピッチフリップチップ実装用のアンダーフィル樹脂材料の供給として、フィルムアンダーフィル材料の適用を提案し、フィルムアンダーフィルに含まれるフィラの粒径及び含有量が，透過率，粘性，線膨張係数に与える影響を明らかにし、透過率が20%以上，粘性が1500 Pa· s以下に設計したアンダーフィルにおいて良好な認識性と導通収率が得られることを明らかにしている。

以上のように、本論文は次世代高密度半導体パッケージにおける微細配線、微細ピッチ実装において問題となる高い信頼性を有する樹脂材料の開発指針を示すとともに、その指針に基づいて設計した5/5 μm以下の超微細配線を有する次世代高密度半導体パッケージの実用化実証を行い、提案手法および設計指針の有効性を立証している。本論文の内容は，学術的および工学的に非常にすぐれた内容となっており，産業界への寄与も大きい。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。